

(12) NACH DEM VERTRAG ÜBER DIE INTERNATIONALE ZUSAMMENARBEIT AUF DEM GEBIET DES
PATENTWESENS (PCT) VERÖFFENTLICHTE INTERNATIONALE ANMELDUNG

(19) Weltorganisation für geistiges Eigentum
Internationales Büro



(43) Internationales Veröffentlichungsdatum
11. August 2005 (11.08.2005)

PCT

(10) Internationale Veröffentlichungsnummer
WO 2005/073679 A1

(51) Internationale Patentklassifikation⁷: **G01H 1/00**, 9/00

(21) Internationales Aktenzeichen: PCT/EP2005/000812

(22) Internationales Anmeldedatum:
27. Januar 2005 (27.01.2005)

(25) Einreichungssprache: Deutsch

(26) Veröffentlichungssprache: Deutsch

(30) Angaben zur Priorität:
04002251.9 2. Februar 2004 (02.02.2004) EP

(71) Anmelder (für alle Bestimmungsstaaten mit Ausnahme von
US): **SIEMENS AKTIENGESELLSCHAFT** [DE/DE];
Wittelsbacherplatz 2, 80333 München (DE).

(72) Erfinder; und

(75) Erfinder/Anmelder (nur für US): **WODITSCHKA,**
Frank [DE/DE]; Walther-Rathenau-Strasse 39, 47229

Duisburg (DE). **MAURUS, Reinhold** [DE/DE]; Provinos-
trasse 20, 86153 Augsburg (DE).

(74) Gemeinsamer Vertreter: **SIEMENS AKTIENGE-
SELLSCHAFT**; Postfach 22 16 34, 80506 München
(DE).

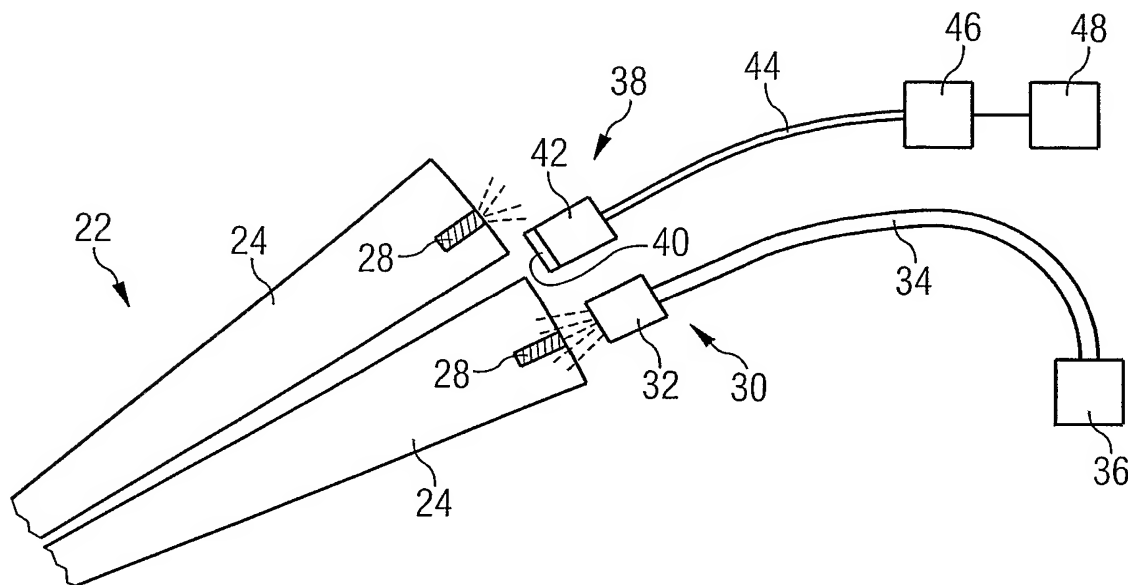
(81) Bestimmungsstaaten (soweit nicht anders angegeben, für
jede verfügbare nationale Schutzrechtsart): AE, AG, AL,
AM, AT, AU, AZ, BA, BB, BG, BR, BW, BY, BZ, CA, CH,
CN, CO, CR, CU, CZ, DE, DK, DM, DZ, EC, EE, EG, ES,
FI, GB, GD, GE, GH, GM, HR, HU, ID, IL, IN, IS, JP, KE,
KG, KP, KR, KZ, LC, LK, LR, LS, LT, LU, LV, MA, MD,
MG, MK, MN, MW, MX, MZ, NA, NI, NO, NZ, OM, PG,
PH, PL, PT, RO, RU, SC, SD, SE, SG, SK, SL, SY, TJ, TM,
TN, TR, TT, TZ, UA, UG, US, UZ, VC, VN, YU, ZA, ZM,
ZW.

(84) Bestimmungsstaaten (soweit nicht anders angegeben, für
jede verfügbare regionale Schutzrechtsart): ARIPO (BW,

[Fortsetzung auf der nächsten Seite]

(54) Title: METHOD AND DEVICE FOR DETECTION OF VIBRATIONS ON A ROTATING VANE OF A TURBINE

(54) Bezeichnung: VERFAHREN UND VORRICHTUNG ZUM ERMITTELN VON SCHWINGUNGEN AN EINEM ROTIE-
RENDEN SCHAUFELRAD EINER TURBINE



(57) Abstract: Said method and corresponding device operate on a rotor (22), on which a substance (28), emitting quanta of light, is arranged at at least one point, a radiation source (30), by means of which radiation may be emitted onto the rotating vane (22) and the substance (28) arranged thereon, a sensor (38), by means of which the light quanta emitted by the substance (28) may be detected and an analytical circuit (46), by means of which the signal from the sensor (38) may be analysed to determine the vibrational behaviour of the vane (22).

[Fortsetzung auf der nächsten Seite]

WO 2005/073679 A1



GH, GM, KE, LS, MW, MZ, NA, SD, SL, SZ, TZ, UG, ZM, ZW), eurasisches (AM, AZ, BY, KG, KZ, MD, RU, TJ, TM), europäisches (AT, BE, BG, CH, CY, CZ, DE, DK, EE, ES, FI, FR, GB, GR, HU, IE, IS, IT, LT, LU, MC, NL, PL, PT, RO, SE, SI, SK, TR), OAPI (BF, BJ, CF, CG, CI, CM, GA, GN, GQ, GW, ML, MR, NE, SN, TD, TG).

Zur Erklärung der Zweibuchstaben-Codes und der anderen Abkürzungen wird auf die Erklärungen ("Guidance Notes on Codes and Abbreviations") am Anfang jeder regulären Ausgabe der PCT-Gazette verwiesen.

Veröffentlicht:

— mit internationalem Recherchenbericht

(57) Zusammenfassung: Das erfindungsgemäße Verfahren und die zugehörige Vorrichtung arbeiten mit einem Schaufelrad (22), an dem an mindestens einer Stelle eine lichtquantenemittierende Substanz (28) angeordnet ist, einer Strahlungsquelle (30), mit der Strahlung auf das rotierende Schaufelrad (22) und die daran angeordnete Substanz (28) ausgesendet werden kann, einem Sensor (38), mit dem an der Substanz (28) emittierte Lichtquanten ermittelt werden können und einer Auswerteschaltung (46), mit der das Signal des Sensors (38) zur Bestimmung des Schwingungsverhaltens des Schaufelrades (22) ausgewertet wird.

Beschreibung

Verfahren und Vorrichtung zum Ermitteln von Schwingungen an einem rotierenden Schaufelrad einer Turbine

5

Die Erfindung betrifft ein Verfahren und eine Vorrichtung zum Ermitteln von Schwingungen an einem rotierenden Schaufelrad einer Turbine, wobei die Schwingungsmessung insbesondere berührungslos erfolgen soll.

10

An Schaufelrädern von Turbinen, beispielsweise stationären Gasturbinen, werden seit einigen Jahren erfolgreich berührungslose Schwingungsmessungen mit Hilfe von optischen oder induktiven Sensoren durchgeführt, die beim Passieren einzelner Schaufeln des Schaufelrades vor dem Sensor deutliche Signale liefern. Solche Schwingungsmessungen sind für die Überwachung und Gewährleistung eines sicheren Betriebs von Turbinen erforderlich.

20

Um bei Schaufelrädern mit großem Durchmesser die einzelnen Schaufeln vor frequenten Biegebelastungen zu schützen, werden nun vermehrt Schaufeln mit sogenannten integralen Deckplatten verwendet, die am Schaufelrad eine im Wesentlichen geschlossene Deckbandstruktur ergeben. An dieser

25

geschlossenen Deckbandstruktur fehlen für optische oder induktive Sensoren jedoch Zielmarken, die eindeutige Signale für eine gesicherte Analyse des Schwingungsverhaltens des Schaufelrades liefern könnten. Es müssten daher geeignete Zielmarken mit definierter Anordnung an der geschlossenen

30

Deckbandstruktur angebracht werden, aus deren Signalen das Schwingungsverhalten bestimmt werden könnte.

Im Falle von Gastrubinen kommt erschwerend hinzu, dass auch bei hohen lokal anfallenden Temperaturen zuverlässig gemessen werden muss. Aus diesem Grund können induktive Messverfahren und dafür erforderliche ferromagnetische Zielmarken wegen der
5 Überschreitung der Curietemperatur nur bedingt genutzt werden.

Aus US 5 761,956 ist ein optisches Messverfahren zum Ermitteln von Schwingungen an einem rotierenden Schaufelrad
10 einer Gasturbine bekannt, bei dem eine differente infrarote Wärmestrahlung von aufgebrachtten keramischen Zielmarken zum Grundkörper des Schaufelrades detektiert wird. Dieses Messverfahren ist jedoch aufgrund der notwendigen hohen Temperaturen für die infrarote Wärmestrahlung erst nach
15 gewisser Betriebsdauer der Gasturbine einsatzbereit. Während des Anfahrens der Gasturbine kann das Schwingungsverhalten jedoch nicht überwacht werden, was hinsichtlich der Betriebssicherheit der Gasturbine nachteilig ist.

20 Der Erfindung liegt die Aufgabe zugrunde ein Verfahren und eine Vorrichtung zum Ermitteln von Schwingungen an einem rotierenden Schaufelrad einer Turbine bereitzustellen, das eine sichere Bestimmung des Schwingungsverhaltens des Schaufelrades während nahezu allen Betriebszuständen der
25 Turbine mit hoher Messsicherheit und hoher Messgenauigkeit ermöglicht.

Diese Aufgabe ist erfindungsgemäß mit einem Verfahren und einer Vorrichtung zum Ermitteln von Schwingungen an einem
30 rotierenden Schaufelrad einer Turbine gelöst, bei dem an mindestens einer Stelle am Schaufelrad eine durch Fremderregung Lichtquanten emittierende Substanz angeordnet wird bzw. ist, mit einer Strahlungsquelle Strahlung auf das

rotierende Schaufelrad und die daran angeordnete Substanz zur deren Fremderregung ausgesendet wird bzw. werden kann, ein Sensor zum Ermitteln von an der Substanz emittierten Lichtquanten vorgesehen wird bzw. ist und mit einer

5 Auswerteschaltung des Sensors das Signal ausgewertet wird bzw. werden kann, um das Schwingungsverhalten des Schaufelrades zu bestimmen.

Erfindungsgemäß wird zum Ermitteln von Schwingungen eines

10 Schaufelrades einer Turbine der physikalische Effekt der Emission von Lichtquanten genutzt. Die Emission von Lichtquanten bei einer lichtquantenemittierenden Substanz ist die Folge eines dreistufigen Prozesses, der in den Atomen bzw. Molekülen der Substanz stattfindet. In einer ersten

15 Stufe werden die Atome bzw. Moleküle der Substanz durch eine externe Strahlungsquelle, beispielsweise eine UV-Lichtquelle oder einen Laser, durch Absorption eines Strahlenquants (insbesondere eines Lichtquants) in einen höher energetischen Zustand gebracht. Durch ein Bewegen und durch Stöße der Atome

20 bzw. Moleküle untereinander werden in einem zweiten Schritt verschiedene Energieniveaus angeregt, wodurch die Anregungsenergie geringfügig abnimmt. Nachfolgend kehrt das einzelne Atom bzw. Molekül in dem dritten Schritt in den Grundzustand zurück, wobei es ein Photon größerer Wellenlänge

25 emittiert und es zu einer Frequenzverschiebung zwischen eingestrahlttem und emittiertem Licht kommt.

Als Strahlungsquelle wird erfindungsgemäß beispielsweise eine langwellige UV-Lampe verwendet, die ein kurzwelliges Licht (λ

30 = 350 nm) aussendet. Als lichtquantenemittierende Substanz werden z.B. Fluoreszenzpartikel verwendet, die das kurzwellige Licht absorbieren und Licht mit höheren Wellenlängen emittieren, die je nach Stoffeigenschaften

üblicherweise zwischen 500 und 600 nm liegen. Den Fluoreszenzpartikeln kann beispielsweise ein keramischer Kleber oder ein Flamespray beigemischt sein, der dann auf dem Schaufelrad in Form von Zielmarken aufgebracht wird.

5

Mit dem erfindungsgemäßen berührungslosen Messverfahren können insbesondere an gebundenen Turbinenschaufeln mit einer umlaufenden, im Wesentlichen geschlossenen Deckbandstruktur des Schaufelrades Schwingungen sicher und genau gemessen werden. Das Messverfahren ist insbesondere für hohe Einsatztemperaturen geeignet und kann, daher sowohl in Gastrubinen als auch in Dampfturbinen genutzt werden. Die erfindungsgemäße Schwingungsüberwachung ist zu allen Betriebszuständen der jeweiligen Turbine möglich.

15

Wie bereits erwähnt ist das erfindungsgemäße Verfahren und die zugehörige Vorrichtung insbesondere vorteilhaft, wenn die Schaufeln des zu messenden Schaufelrades durch eine im Wesentlichen geschlossene Deckbandstruktur miteinander verbunden sind. Die erfindungsgemäßen Zielmarken aus einer lichtquantenemittierenden Substanz können dann vorteilhaft beispielsweise streifenförmig auf der Deckbandstruktur angebracht sein und dann als definierte Streifen bestehend aus einer dünnen Schicht lichtquantenemittierender Substanz als Zielmarke für einen Sensor dienen, der die von der Substanz emittierten Lichtquanten ermitteln kann. In einem solchen insbesondere optischen Aufnahmesensor werden die ermittelten Lichtquanten in elektrische Signale umgewandelt, die zur weiteren Verarbeitung und Analyse beispielsweise an einen Auswerterechner weitergeleitet werden. Schwingungen am Schaufelrad können dann erkannt werden, indem beispielsweise für eine einzelne Zielmarke eine bestimmte erwartete Ankunftszeit im Verhältnis zu der tatsächlichen Ankunftszeit

20
25
30

gesetzt wird. Wenn die ermittelte Ankunftszeit einer Zielmarke früher oder später liegt, als die erwartete Ankunftszeit, liegen am Schaufelrad Vibrationen vor, d.h. die Deckbandstruktur ist von ihrer normalen Position aufgrund der
5 Vibration geringfügig versetzt.

Diese Art der Messung und dieses erfindungsgemäße Vorgehen kann in gleicher Weise genutzt werden, um das Schwingungsverhalten mindestens einer Turbinenschaufel des
10 Schaufelrades zu bestimmen. Die genannten erfindungsgemäßen Zielmarken sind in diesem Fall vorteilhaft an einzelnen umlaufenden Turbinenschaufeln des Schaufelrades angeordnet.

Als eine durch Fremderregung lichtquantenemittierende
15 Substanz wird erfindungsgemäß vorteilhaft eine Fluoreszenz-, eine Phosphoreszenz-, eine Radiolumineszenz-, eine Thermolumineszenz-, eine Tribolumineszenz- und/oder eine Photolumineszenz-Substanz auf das Schaufelrad aufgebracht. Mit anderen Worten können erfindungsgemäß vorteilhaft all
20 jene physikalischen Prozesse verwendet werden, bei denen von einer Substanz aufgrund einer Fremderregung Lichtquanten bzw. Strahlungsquanten emittiert werden.

Damit der erfindungsgemäß verwendete Sensor wie gewünscht im
25 Wesentlichen nur die von der Substanz emittierten Lichtquanten ermittelt, kann vor diesem ein optischer Filter angeordnet sein, dessen spektrales Fenster an die Wellenlängen der emittierten Lichtquanten angepasst ist. Auf diese Weise kann das Sensorsignal von temperaturbedingter
30 infraroter Hintergrundstrahlung und auch von an Metallflächen total reflektiertem Licht optisch getrennt werden.

Das Nutzsignal der erfindungsgemäß lichtquantenemittierenden Substanz besitzt eine relativ geringe Lichtintensität. Damit das Signal dennoch eindeutig zu erkennen ist, kann es mittels einer Verstärkungsschaltung, insbesondere mittels Photodioden
5 bzw. Photomultiplizieren zur weiteren Verwertung aufbereitet werden.

Nachfolgend wird ein Ausführungsbeispiel eines erfindungsgemäßen Verfahrens und einer Vorrichtung zum
10 Ermitteln von Schwingungen an einem rotierenden Schaufelrad einer Turbine anhand der beigefügten schematischen Zeichnungen näher erläutert. Es zeigt:

Fig. 1 einen Längsschnitt eines Ausführungsbeispiels einer
15 Turbine mit einer erfindungsgemäßen Vorrichtung zum Ermitteln von Schwingungen an einem rotierenden Schaufelrad,

Fig. 2 eine schematische Ansicht eines ersten
Ausführungsbeispiels einer erfindungsgemäßen
20 Vorrichtung zum Ermitteln von Schwingungen an einem rotierenden Schaufelrad einer Turbine gemäß Fig. 1, und

Fig. 3 eine schematische Ansicht eines zweiten
Ausführungsbeispiels einer erfindungsgemäßen
25 Vorrichtung zum Ermitteln von Schwingungen an einem rotierenden Schaufelrad einer Turbine gemäß Fig. 1.

In Figur 1 ist eine als Gasturbine gestaltete Turbine 10 vereinfacht dargestellt, die als wesentliche Bauelemente
30 einen Stator bzw. ein Gehäuse 12 und einen darin drehbar gelagerten Rotor bzw. Läufer 14 umfasst.

Die Turbine 10 ist im Wesentlichen in drei Abschnitte, einen Kompressorabschnitt 16, einen Brennerabschnitt 18 und einen Antriebsabschnitt 20 gegliedert. Im Kompressorabschnitt 16 und im Antriebsabschnitt 20 sind am Rotor 14 der Turbine 10
5 jeweils mehrere, in axialer Richtung aufeinander folgend angeordnete Schaufelräder 22 angeordnet.

In den Figuren 2 und 3 ist jeweils ein Abschnitt eines solchen Schaufelrades 22 vereinfacht dargestellt.

10

Das in Figur 2 veranschaulichte Schaufelrad 22 umfasst eine Vielzahl Turbinenschaufeln 24, von der in Figur 2 zwei abschnittsweise dargestellt sind.

15 Bei dem in Figur 3 veranschaulichten Schaufelrad sind die radial äußeren Endbereiche der jeweiligen Turbinenschaufeln 24 durch eine sogenannte Deckbandstruktur 26 in Gestalt integraler Deckplatten der Turbinenschaufeln 24 miteinander verbunden.

20

Damit an der Turbine 10 das Schwingungsverhalten der darin rotierenden Schaufelräder 22 insbesondere auch bei dem im Antriebsabschnitt 20 vorherrschenden hohen Temperaturen mit hoher Genauigkeit und Sicherheit ermittelt werden kann, sind
25 an der Turbine 10 mehrere Vorrichtungen zum Ermitteln von Schwingungen angeordnet, von denen ein erstes Ausführungsbeispiel in Figur 2 dargestellt und ein zweites Ausführungsbeispiel in Figur 3 veranschaulicht ist.

30 Diese erfindungsgemäßen Vorrichtungen zur Bestimmung des Schwingungsverhaltens des jeweils zugehörige Schaufelrades 22 basieren auf dem Prinzip der Fluoreszenz, Phosphoreszenz, Radiolumineszenz, Thermolumineszenz, Tribolumineszenz

und/oder Photolumineszenz. Die Vorrichtungen umfassen jeweils einzelne Streifen 28 einer lichtquantenemittierenden Substanz, die bei dem in Figur 2 veranschaulichten Ausführungsbeispiel jeweils am radial äußeren Endbereich der
5 einzelnen Turbinenschaufeln 24 in regelmäßigen Abständen angeordnet sind, während bei dem in Figur 3 veranschaulichten Ausführungsbeispiel diese Streifen 28 an der Deckbandstruktur 26 ausgebildet sind. Die lichtquantenemittierende Substanz der Streifen 28 ist beispielsweise mit keramischem Kleber auf
10 den Turbinenschaufeln 24 bzw. der Deckbandstruktur 26 aufgebracht.

Gegenüberliegend von den Streifen 28 ist eine Strahlungsquelle 30 angeordnet, die eine Optik 32, einen
15 Lichtleiter 34 und einen Strahlungserzeuger 36 umfasst. Die vom Strahlungserzeuger 36 erzeugte Strahlung, beispielsweise eine UV-Strahlung mit einer Wellenlänge von ca. 350 nm wird durch den Lichtleiter 34 zur Optik 32 geleitet und von dieser auf die mit dem jeweiligen Schaufelrad 22 umlaufenden
20 Streifen 28 gerichtet.

Neben der Optik 32 ist ein Sensor 38 angeordnet, der als wesentliche Bauelemente einen optischen Filter 40, ein Empfangsmodul 42, einen elektrischen Leiter 44, einen
25 Verstärker 46 und eine Auswerteschaltung 48 umfasst.

Aufgrund der von der Strahlungsquelle 30 erzeugten und ausgesandten UV-Strahlung emittiert die Substanz der Streifen 28 beispielsweise gemäß dem Prinzip der Fluoreszenz Licht mit
30 vergleichsweise höheren Wellenlänge, die je nach Stoffeigenschaften der Substanz etwa zwischen 500 und 600 nm liegt. Dieses emittierte Licht kann durch den optischen Filter 40 durchtreten, wenn einer der Streifen 28 sich vor

- diesem vorbeibewegt. Idealerweise befinden sich dabei die Strahlenquelle 30 bzw. deren Optik 32 und der Sensor 38 bzw. dessen Filter 40 räumlich in unmittelbarer Nähe bzw. im selben Bereich. Die Fluoreszenz findet nämlich in einem
5 vergleichsweise kurzen Zeitbereich nach der Anregung statt. Ein längerer Zeitbereich kann mit dem Prinzip der Phosphoreszenz erzielt werden, so dass Sender und Empfänger auch räumlich (weiter) entfernt angeordnet sein können.
- 10 Das emittierte Licht gelangt zum Empfangsmodul 42, in dem es in ein elektrisches Signal gewandelt und dann durch den elektrischen Leiter 44 zum Verstärker 46 und schließlich zur Auswerteschaltung 48 gelangt. In der Auswerteschaltung 48 werden die aufgenommenen Signal zur weiteren Verarbeitung und
15 zur Analyse des Schwingungsverhaltens des jeweiligen umlaufenden Schaufelrades 22 ausgewertet.

Patentansprüche

1. Verfahren zum Ermitteln von Schwingungen an einem
rotierenden Schaufelrad (22) einer Turbine (10), mit den
5 Schritten:
Vorsehen einer durch Fremderregung
lichtquantenemittierenden Substanz (28) an mindestens
einer Stelle des Schaufelrades (22),
Aussenden von Strahlung mittels einer Strahlungsquelle
10 (30) auf das rotierende Schaufelrad (22) und die daran
angeordnete Substanz (28) zur deren Fremderregung,
Ermitteln von an der Substanz (28) emittierten
Lichtquanten mittels eines Sensors (38) und Auswerten des
Signals des Sensors (38) zur Bestimmung des
15 Schwingungsverhaltens des Schaufelrades (22).
2. Verfahren nach Anspruch 1,
gekennzeichnet durch die Schritte:
Vorsehen der lichtquantenemittierenden Substanz (28) an
20 mindestens einer umlaufenden, im Wesentlichen
geschlossenen Deckbandstruktur (26) des Schaufelrades
(22) und
Auswerten des Signals des Sensors (38) zur Bestimmung des
Schwingungsverhaltens der Deckbandstruktur (26).
- 25 3. Verfahren nach Anspruch 1 oder 2,
gekennzeichnet durch die Schritte:
Vorsehen der lichtquantenemittierenden Substanz (28) an
mindestens einer umlaufenden Turbinenschaufel (24) des
30 Schaufelrades (22) und
Auswerten des Signals des Sensors (38) zur Bestimmung des
Schwingungsverhaltens der mindestens einen
Turbinenschaufel (24).

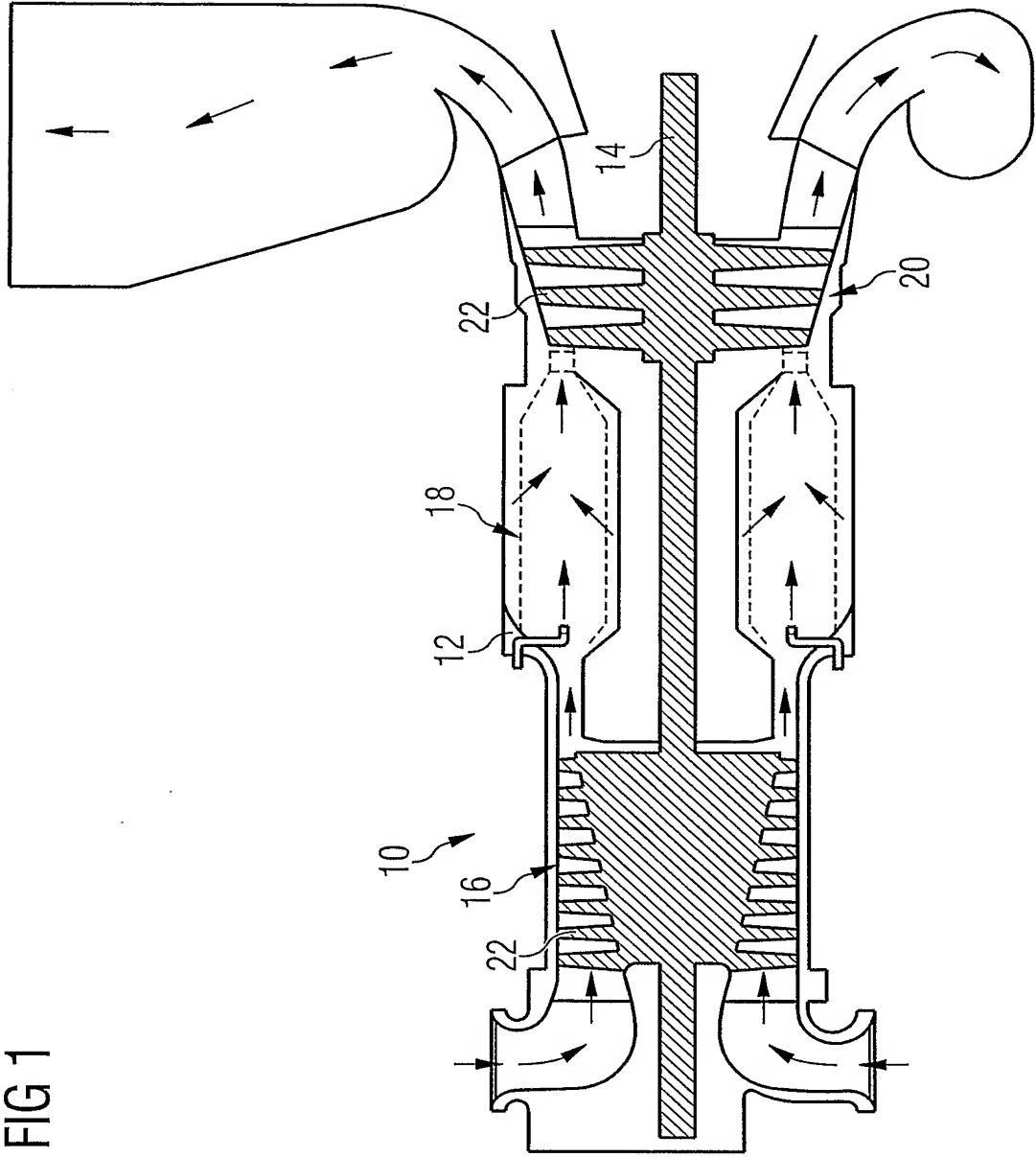
4. Verfahren nach einem der Ansprüche 1 bis 3,
dadurch gekennzeichnet,
dass die lichtquantenemittierende Substanz (28)
5 streifenförmig auf das Schaufelrad (22), die
Deckbandstruktur (26) bzw. die mindestens eine
Turbinenschaufel (24) aufgebracht wird.
5. Verfahren nach einem der Ansprüche 1 bis 4,
10 dadurch gekennzeichnet,
dass als lichtquantenemittierende Substanz (28) eine
Fluoreszenz-, eine Phosphoreszenz-, eine
Radiolumineszenz-, eine Thermolumineszenz-, eine
Tribolumineszenz- und/oder eine Photolumineszenz-Substanz
15 auf das Schaufelrad (22) aufgebracht und ein entsprechend
sensitiver Sensor (38) zum Ermitteln von emittierten
Lichtquanten verwendet wird.
6. Verfahren nach einem der Ansprüche 1 bis 5,
20 dadurch gekennzeichnet,
dass zwischen dem Schaufelrad (22) und dem Sensor (28)
ein optischer Filter (40) angeordnet wird.
7. Verfahren nach einem der Ansprüche 1 bis 6, dadurch
25 gekennzeichnet, dass das Signal des Sensors (38) vor
dessen Auswertung, insbesondere mittels mindestens einer
Photodiode bzw. einem Photomultiplier verstärkt wird.
8. Vorrichtung zum Ermitteln von Schwingungen an einem
30 rotierenden Schaufelrad (22) einer Turbine (10), mit
mindestens einer Stelle am Schaufelrad, an der eine durch
Fremderregung lichtquantenemittierende Substanz (28)
angeordnet ist,

einer Strahlungsquelle (30), mit der zur Fremderregung Strahlung auf das rotierende Schaufelrad (22) und die daran angeordnete Substanz (28) ausgesendet werden kann, einem Sensor (38) zum Ermitteln von an der fremderregten Substanz (28) emittierten Lichtquanten und einer Auswerteschaltung (48) zum Auswerten des Signals des Sensors (38) und zum Bestimmen des Schwingungsverhaltens des Schaufelrades (22).

9. Vorrichtung nach Anspruch 8, dadurch gekennzeichnet, dass die lichtquantenemittierende Substanz (28) an mindestens einer umlaufenden, im Wesentlichen geschlossenen Deckbandstruktur (26) des Schaufelrades (22) angebracht ist und das Signal des Sensors (38) zur Bestimmung des Schwingungsverhaltens der Deckbandstruktur (26) ausgewertet werden kann.
10. Vorrichtung nach Anspruch 8 oder 9, dadurch gekennzeichnet, dass die lichtquantenemittierende Substanz (28) an mindestens einer umlaufenden Turbinenschaufel (24) des Schaufelrades (22) angebracht ist und das Signal des Sensors (38) zur Bestimmung des Schwingungsverhaltens der mindestens einen Turbinenschaufel (24) ausgewertet werden kann.
11. Vorrichtung an einem der Ansprüche 8 bis 10, dadurch gekennzeichnet, dass die lichtquantenemittierende Substanz (28) streifenförmig auf das Schaufelrad (22), die

Deckbandstruktur (26) bzw. die mindestens eine Turbinenschaufel (24) aufgebracht ist.

12. Vorrichtung nach einem der Ansprüche 8 bis 11,
5 dadurch gekennzeichnet,
dass die lichtquantenemittierende Substanz (28) eine Fluoreszenz-, eine Phosphoreszenz-, eine Radiolumineszenz-, eine Thermolumineszenz-, eine Tribolumineszenz- und/oder eine Photolumineszenz-Substanz
10 und der Sensor (38) ein entsprechend sensitiver Sensor (38) zum Ermitteln von emittierten Lichtquanten ist.
13. Vorrichtung nach einem der Ansprüche 8 bis 12,
dadurch gekennzeichnet,
15 dass zwischen dem Schaufelrad (22) und dem Sensor (38) ein optischer Filter (40) angeordnet ist.
14. Vorrichtung nach einem der Ansprüche 8 bis 13,
dadurch gekennzeichnet,
20 dass eine Verstärkerschaltung (46) zum Verstärken des Signals des Sensors (38) vor dessen Auswertung vorgesehen ist, insbesondere in Gestalt einer Photodiode bzw. eines Photomultiplier.



2/2

FIG 2

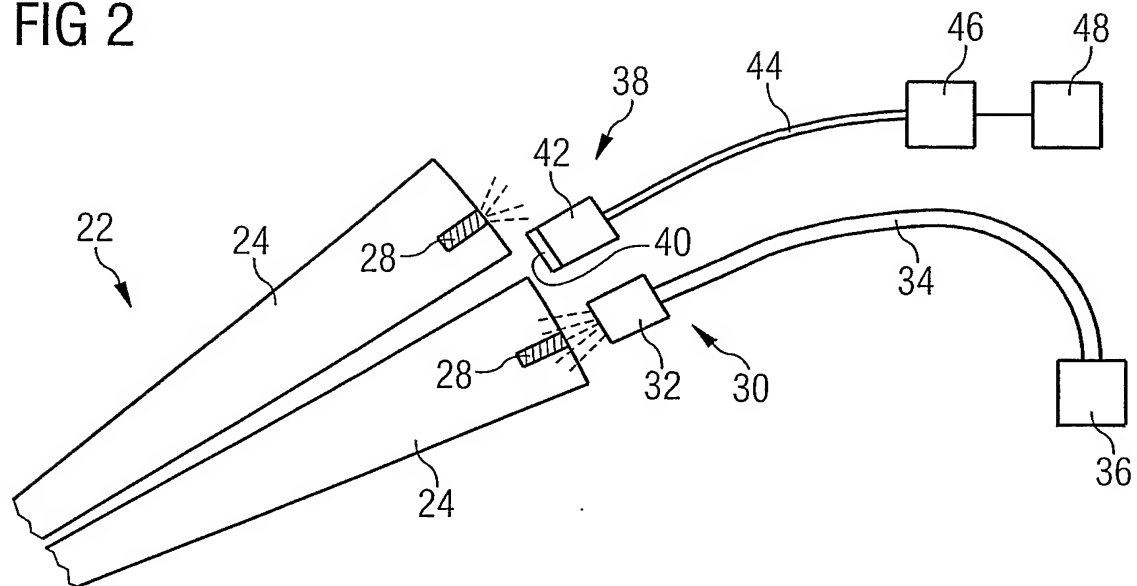
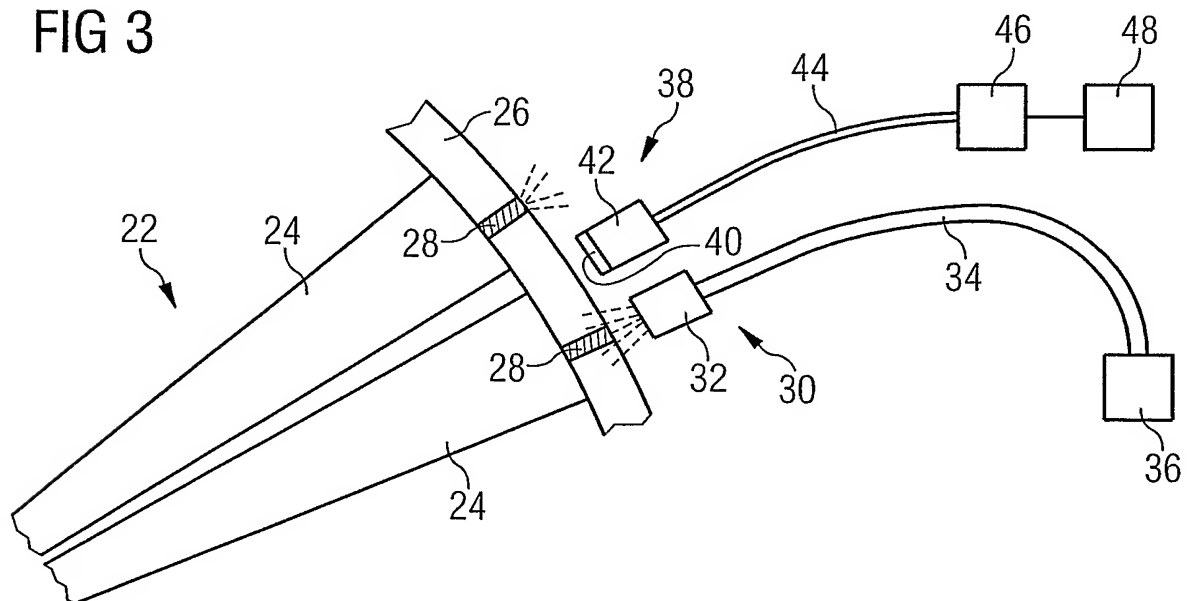


FIG 3



INTERNATIONAL SEARCH REPORT

International Application No
PCT/EP2005/000812

A. CLASSIFICATION OF SUBJECT MATTER
IPC 7 G01H1/00 G01H9/00

According to International Patent Classification (IPC) or to both national classification and IPC

B. FIELDS SEARCHED

Minimum documentation searched (classification system followed by classification symbols)

IPC 7 G01H

Documentation searched other than minimum documentation to the extent that such documents are included in the fields searched

Electronic data base consulted during the international search (name of data base and, where practical, search terms used)

EPO-Internal, WPI Data, PAJ, INSPEC, COMPENDEX

C. DOCUMENTS CONSIDERED TO BE RELEVANT

Category °	Citation of document, with indication, where appropriate, of the relevant passages	Relevant to claim No.
A	US 5 761 956 A (KAIN JEFFREY ARTHUR ET AL) 9 June 1998 (1998-06-09) cited in the application column 3, line 55 - line 67; figure 2 -----	1,8
A	US 4 080 823 A (STARGARDTER HANS) 28 March 1978 (1978-03-28) column 2, line 55 - column 3, line 10; figures 1,2 -----	1,8
A	LUI T ET AL: "Transonic rotor blade pressure measurement using fluorescent paints" JOURNAL OF PROPULSION AND POWER, vol. 18, no. 2, March 2002 (2002-03), - April 2002 (2002-04) pages 491-493, XP008032861 page 492; figure 3 -----	1,8

☐ Further documents are listed in the continuation of box C.

☒ Patent family members are listed in annex.

° Special categories of cited documents:

- *A* document defining the general state of the art which is not considered to be of particular relevance
- *E* earlier document but published on or after the international filing date
- *L* document which may throw doubts on priority claim(s) or which is cited to establish the publication date of another citation or other special reason (as specified)
- *O* document referring to an oral disclosure, use, exhibition or other means
- *P* document published prior to the international filing date but later than the priority date claimed

- *T* later document published after the international filing date or priority date and not in conflict with the application but cited to understand the principle or theory underlying the invention
- *X* document of particular relevance; the claimed invention cannot be considered novel or cannot be considered to involve an inventive step when the document is taken alone
- *Y* document of particular relevance; the claimed invention cannot be considered to involve an inventive step when the document is combined with one or more other such documents, such combination being obvious to a person skilled in the art.
- *G* document member of the same patent family

Date of the actual completion of the international search

15 March 2005

Date of mailing of the international search report

23/03/2005

Name and mailing address of the ISA

European Patent Office, P.B. 5818 Patentlaan 2
NL - 2280 HV Rijswijk
Tel. (+31-70) 340-2040, Tx. 31 651 epo nl,
Fax: (+31-70) 340-3016

Authorized officer

Häusser, T

INTERNATIONAL SEARCH REPORT

Information on patent family members

International Application No

PCT/EP2005/000812

Patent document cited in search report		Publication date	Patent family member(s)	Publication date
US 5761956	A	09-06-1998	CA 2235288 A1	24-04-1997
			EP 0856149 A1	05-08-1998
			JP 3488244 B2	19-01-2004
			JP 11513801 T	24-11-1999
			WO 9714939 A1	24-04-1997
<hr/>				
US 4080823	A	28-03-1978	NONE	
<hr/>				

INTERNATIONAL SEARCH REPORT

Information on patent family members

International Application No

PCT/EP2005/000812

Patent document cited in search report		Publication date	Patent family member(s)	Publication date
US 5761956	A	09-06-1998	CA 2235288 A1	24-04-1997
			EP 0856149 A1	05-08-1998
			JP 3488244 B2	19-01-2004
			JP 11513801 T	24-11-1999
			WO 9714939 A1	24-04-1997
<hr/>				
US 4080823	A	28-03-1978	NONE	
<hr/>				

A. KLASSIFIZIERUNG DES ANMELDUNGSGEGENSTANDES
 IPK 7 G01H1/00 G01H9/00

Nach der Internationalen Patentklassifikation (IPK) oder nach der nationalen Klassifikation und der IPK

B. RECHERCHIERTE GEBIETE

Recherchierter Mindestprüfstoff (Klassifikationssystem und Klassifikationssymbole)
 IPK 7 G01H

Recherchierte aber nicht zum Mindestprüfstoff gehörende Veröffentlichungen, soweit diese unter die recherchierten Gebiete fallen

Während der internationalen Recherche konsultierte elektronische Datenbank (Name der Datenbank und evtl. verwendete Suchbegriffe)

EPO-Internal, WPI Data, PAJ, INSPEC, COMPENDEX

C. ALS WESENTLICH ANGESEHENE UNTERLAGEN

Kategorie*	Bezeichnung der Veröffentlichung, soweit erforderlich unter Angabe der in Betracht kommenden Teile	Betr. Anspruch Nr.
A	US 5 761 956 A (KAIN JEFFREY ARTHUR ET AL) 9. Juni 1998 (1998-06-09) in der Anmeldung erwähnt Spalte 3, Zeile 55 - Zeile 67; Abbildung 2 -----	1,8
A	US 4 080 823 A (STARGARDTER HANS) 28. März 1978 (1978-03-28) Spalte 2, Zeile 55 - Spalte 3, Zeile 10; Abbildungen 1,2 -----	1,8
A	LUI T ET AL: "Transonic rotor blade pressure measurement using fluorescent paints" JOURNAL OF PROPULSION AND POWER, Bd. 18, Nr. 2, März 2002 (2002-03), - April 2002 (2002-04) Seiten 491-493, XP008032861 Seite 492; Abbildung 3 -----	1,8

☐ Weitere Veröffentlichungen sind der Fortsetzung von Feld C zu entnehmen

☒ Siehe Anhang Patentfamilie

* Besondere Kategorien von angegebenen Veröffentlichungen :

- *A* Veröffentlichung, die den allgemeinen Stand der Technik definiert, aber nicht als besonders bedeutsam anzusehen ist
- *E* älteres Dokument, das jedoch erst am oder nach dem internationalen Anmeldedatum veröffentlicht worden ist
- *L* Veröffentlichung, die geeignet ist, einen Prioritätsanspruch zweifelhaft erscheinen zu lassen, oder durch die das Veröffentlichungsdatum einer anderen im Recherchenbericht genannten Veröffentlichung belegt werden soll oder die aus einem anderen besonderen Grund angegeben ist (wie ausgeführt)
- *O* Veröffentlichung, die sich auf eine mündliche Offenbarung, eine Benutzung, eine Ausstellung oder andere Maßnahmen bezieht
- *P* Veröffentlichung, die vor dem internationalen Anmeldedatum, aber nach dem beanspruchten Prioritätsdatum veröffentlicht worden ist

T Spätere Veröffentlichung, die nach dem internationalen Anmeldedatum oder dem Prioritätsdatum veröffentlicht worden ist und mit der Anmeldung nicht kollidiert, sondern nur zum Verständnis des der Erfindung zugrundeliegenden Prinzips oder der ihr zugrundeliegenden Theorie angegeben ist

X Veröffentlichung von besonderer Bedeutung; die beanspruchte Erfindung kann allein aufgrund dieser Veröffentlichung nicht als neu oder auf erfinderischer Tätigkeit beruhend betrachtet werden

Y Veröffentlichung von besonderer Bedeutung; die beanspruchte Erfindung kann nicht als auf erfinderischer Tätigkeit beruhend betrachtet werden, wenn die Veröffentlichung mit einer oder mehreren anderen Veröffentlichungen dieser Kategorie in Verbindung gebracht wird und diese Verbindung für einen Fachmann naheliegend ist

Z Veröffentlichung, die Mitglied derselben Patentfamilie ist

Datum des Abschlusses der internationalen Recherche

15. März 2005

Absendedatum des internationalen Recherchenberichts

23/03/2005

Name und Postanschrift der Internationalen Recherchenbehörde
 Europäisches Patentamt, P.B. 5818 Patentlaan 2
 NL - 2280 HV Rijswijk
 Tel. (+31-70) 340-2040, Tx. 31 651 epo nl,
 Fax: (+31-70) 340-3016

Bevollmächtigter Bediensteter

Häusser, T

INTERNATIONALER RECHERCHENBERICHT

Angaben zu Veröffentlichungen, die zur selben Patentfamilie gehören

Internationales Aktenzeichen

PCT/EP2005/000812

Im Recherchenbericht angeführtes Patentdokument		Datum der Veröffentlichung	Mitglied(er) der Patentfamilie		Datum der Veröffentlichung
US 5761956	A	09-06-1998	CA	2235288 A1	24-04-1997
			EP	0856149 A1	05-08-1998
			JP	3488244 B2	19-01-2004
			JP	11513801 T	24-11-1999
			WO	9714939 A1	24-04-1997
<hr/>					
US 4080823	A	28-03-1978	KEINE		
<hr/>					